

⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3917769 A1**

⑤ Int. Cl. 5:
H01L 29/74

⑳ Aktenzeichen: P 39 17 769 6
㉑ Anmeldetag: 31. 5. 89
㉒ Offenlegungstag: 6. 12. 90

DE 3917769 A1

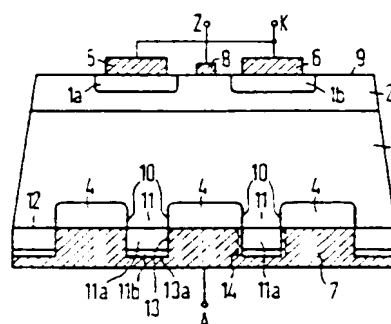
㉓ Anmelder:
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

㉔ Erfinder:
Gerstenmaier, York Christian, Dipl.-Phys. Dr., 8000
München, DE; Hanke, Leopold, Dr., 8201
Tuntenhausen, DE

⑤④ Thyristor mit Emitter-Nebenschlüssen

Thyristor mit Emitter-Nebenschlüssen, die aus Ansätzen (11, 11a, 11b) einer der Basisschichten (3) bestehen, die Ausnehmungen (10) des angrenzenden Emitters (4) durchdringen und gemeinsam mit diesem von einer Hauptelektrode (7) kontaktiert werden. Zur Verringerung des Temperaturgangs des Zündstroms bestehen die Ansätze der Basisschicht (3) jeweils teilweise (11a) aus dotiertem, heißleitendem Halbleitermaterial.

FIG 1



DE 3917769 A1

Die Erfindung bezieht sich auf einen Thyristor nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein Thyristor dieser Art ist aus der US-A 40 79 406 bekannt. Dabei kann man die Ansätze einer der Basis-schichten, die den an diese angrenzenden Emitter durchdringen und zusammen mit dem Emitter von einer Hauptelektrode des Thyristors kontaktiert werden, als Emitter-Nebenschlüsse bezeichnen. Sie bewirken insbesondere eine Verringerung der dU/dt -Empfindlichkeit des Thyristors gegenüber plötzlich ansteigenden Blockierspannungen U und bei abschaltbaren Thyristoren eine Verringerung der beim Abschalten auftretenden Verlustleistung sowie der Abschaltzeit.

Der Zündstrom solcher Thyristoren zeigt jedoch eine starke, monotone Temperaturabhängigkeit. Er kann z. B. bei minus 30°C mehr als das Hundertfache des Zündstroms bei 120°C betragen.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe besteht nun darin, einen Thyristor der eingangs genannten Art anzugeben, bei dem die Temperaturabhängigkeit des Zündstroms durch einfache Maßnahmen beseitigt oder zumindest stark verringert wird. Das wird erfindungsgemäß durch eine Ausbildung nach dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs erreicht.

Der mit der Erfindung erzielbare Vorteil besteht insbesondere darin, daß durch die wenigstens teilweise aus heißleitendem Halbleitermaterial bestehenden Ansätze einer der Basisschichten, die Teile der Emitter-Nebenschlüsse darstellen, der Temperaturgang des Zündstroms beseitigt oder stark verringert wird. Außerdem wird durch eine solche Ausbildung der Emitter-Nebenschlüsse der Temperaturbereich, in dem die maximale Sperrspannung des Thyristors in Vorwärtsrichtung gewährleistet ist, in Richtung auf höhere Temperaturen wesentlich erweitert.

Die Patentansprüche 2 bis 7 sind auf bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung gerichtet.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten, bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 einen nach der Erfindung ausgebildeten Thyristor und

Fig. 2 eine schematische Darstellung des Bändermodells eines für die Emitter-Nebenschlüsse verwendeten heißleitenden Halbleitermaterials.

In Fig. 1 ist ein Thyristor mit einem aus dotiertem Halbleitermaterial, zum Beispiel Silizium, bestehenden Halbleiterkörper dargestellt. Er weist vier aufeinanderfolgende Schichten abwechselnder Leitungstypen auf. Von diesen bezeichnet man die aus den n-leitenden Teilschichten 1a und 1b bestehende Schicht als den n-Emitter, die p-leitende Schicht 2 als die p-Basis, die n-leitende Schicht 3 als die n-Basis und die p-leitende Schicht 4 als den p-Emitter. Der n-Emitter ist mit einer kathodenseitigen Elektrode versehen, deren untereinander und mit einem gemeinsamen Anschluß K verbundene Teile 5 und 6 jeweils die Teilschichten 1a und 1b kontaktieren. Der p-Emitter ist mit einer anodenseitigen Elektrode 7 aus elektrisch leitendem Material, zum Beispiel Al, versehen, die einen Anschluß A aufweist. Der Anschluß Z einer Gateelektrode 8, die die p-Basis 2 in der ersten Hauptfläche 9 kontaktiert, wird zum Zünden des Thyristors in an sich bekannter Weise mit einem positiven Zündspannungsimpuls beaufschlagt und, wenn es sich um einen abschaltbaren Thyristor (GTO) handelt, auch

mit einem die Abschaltung bewirkenden, negativen Löschspannungsimpuls.

Mit 10 sind Ausnehmungen des p-Emitters 4 bezeichnet, die von n-leitenden Ansätzen 11 der n-Basis 3 ausgefüllt werden. Die Ansätze 11 der n-Basis 3 werden durch ihre unterhalb der zweiten Hauptfläche 12 liegenden, n-leitenden Teile 11a verlängert, die jeweils aus dotiertem, heißleitendem Halbleitermaterial bestehen. Dabei füllt jedes der Teile 11a eine Ausnehmung 13 der Elektrode 7 aus. Jedes Teil 11a ist mit einer abschließenden Zone 11b versehen, die einen erhöhten Dotierungsgrad aufweist, um eine gute Kontaktierung des Teils 11a, 11b durch die Elektrode 7 im Bereich der Bodenfläche 13a der Ausnehmung 13 sicherzustellen. Wegen der schwächeren Dotierung des Ansatzteils 11a außerhalb der Zone 11b ist die Kontaktierung durch die Elektrode 7 praktisch auf die Bodenfläche 13a der Ausnehmung 13 begrenzt.

Andererseits kann die Kontaktierung durch die Elektrode 7 auch dadurch auf die Bodenflächen der Ausnehmungen 13 beschränkt werden, daß sich die Teile 11a unter Weglassung der Zonen 11b jeweils bis zu den Bodenflächen 13a erstrecken und zusätzlich elektrisch isolierende Schichten vorgesehen sind, welche die seitlichen Wandungsteile der Ausnehmungen 13 bedecken und somit gegenüber den Teilen 11a elektrisch isolieren, jedoch die Bodenflächen 13a nicht bedecken. Die Schichten sind in Fig. 1 durch gestrichelte Linien 14 angedeutet.

Die Teile 7, 11, 11a und gegebenenfalls 11b bilden anodenseitige Emitter-Nebenschlüsse, das heißt widerstandsbehaftete Verbindungen zwischen dem p-Emitter 4 und der n-Basis 3. Zur Verringerung oder Beseitigung des genannten Temperaturgangs des Thyristorzündstroms sind die Teile 11a und gegebenenfalls 11b aus heißleitendem Halbleitermaterial, zum Beispiel Silizium, hergestellt. Dabei verringert der bei niedrigen Temperaturen relativ große Nebenschlußwiderstand, der durch die heißleitenden Eigenschaften der Teile 11a und eventuell 11b bedingt ist, den Zündstrom, während bei hohen Temperaturen der dann relativ niedrige Nebenschlußwiderstand den erforderlichen Zündstrom erhöht. Damit gelingt es, den Temperaturgang des Zündstroms zu beseitigen oder zumindest wesentlich zu verringern. Es läßt sich zeigen, daß sich der Nebenschlußwiderstand in einem Temperaturbereich von -30°C bis 125°C etwa um einen Faktor von 10 bis 13 verringern muß, um den Zündstrom praktisch konstant zu halten.

Die Heißleitung der n-leitenden Teile 11a und gegebenenfalls 11b wird durch Einbringung eines Dotierstoffes mit den im Bändermodell nach Fig. 2 gekennzeichneten Energielagen der einzelnen Dotierstoffatome erreicht. In Fig. 2 sind im einzelnen die Energiewerte W der Elektronen im Kristallgitter des heißleitenden Halbleitermaterials in vertikaler Richtung über der Ortskoordinate aufgetragen. Die Unterkante des Leitungsbandes LB ist mit 15 bezeichnet, die Oberkante des Valenzbandes VB mit 16. Die eine n-Leitung bewirkenden Donatorniveaus des Dotierstoffes weisen Energielagen 17 auf, die durch waagrechte Striche bestimmt sind. Jeder dieser Striche versinnbildlicht ein Energieniveau eines in das Kristallgitter eingebauten Dotierstoffatoms. Der mit D1 bezeichnete Energiedifferenzbetrag zwischen der Unterkante 15 des Leitungsbandes und dem höchsten Energieniveau 17 jedes einzelnen Donatoratoms ist größer als der entsprechende Differenzbetrag zwischen der Unterkante des Leitungsbandes in der n-Basis 3 und den Energieniveaus der Donatoratome, die in die n-Ba-

sis 3 eingebracht sind und deren Leitfähigkeit bestimmen. Dadurch wird das Leitungsband LB erst bei höheren Temperaturen zunehmend mit Ladungsträgern versorgt und dadurch zunehmend leitend. Dabei hat sich gezeigt, daß das höchste Donatorniveau 17 um etwa 0,3 eV unterhalb der Kante 15 liegen sollte. Die in dem die Heißeitung bewirkenden Dotierstoff unter Umständen vorhandenen Akzeptorniveaus sind durch die horizontalen Striche 18 angedeutet. Dabei muß ihr Abstand bzw. Energiedifferenzbetrag D 2 gegenüber der Oberkante 16 des Valenzbandes VB größer sein als D1, um die n-Leitfähigkeit des heißleitenden Materials zu gewährleisten. Geeignete Dotierstoffe, die in Silizium eingebracht werden können, um nach obigem die Eigenschaften eines n-leitenden Heißeiters zu erhalten, gehören einer Dotierstoffgruppe an, zu der Molybdän, Germanium, Cäsium, Barium, Selen und Niob gehören.

Die Herstellung der Teile 11a und 11b erfolgt zweckmäßigerweise so, daß zunächst der Halbleiterkörper des Thyristors bis zur Hauptfläche 12 realisiert wird und auf dieser mittels eines Epitaxieverfahrens eine Halbleiterschicht abgeschieden wird, die dann mittels eines maschierten Ätzschritts zwischen den einzelnen Ansatzteilen 11a wieder bis auf die Hauptfläche 12 weggeätzt wird. Die dabei stehenbleibenden Teile der Halbleiterschicht bilden die Ansatzteile 11a. Vor dem Ätzschritt kann gegebenenfalls eine ganzflächige, flache, zusätzliche Dotierung der Halbleiterschicht erfolgen, um die Zonen 11b zu erzeugen.

Andere Ausführungsbeispiele der Erfindung unterscheiden sich dadurch, daß die Emitter-Nebenschlüsse im Bereich des n-Emitters realisiert sind. Zur Erläuterung kann Fig. 1 herangezogen werden, wenn man die Leitungstypen der Halbleiterteile durch die jeweils entgegengesetzten ersetzt und diesen Ströme und Spannungen jeweils entgegengesetzter Polung zuführt. Dabei müssen die Bezeichnungen A und K miteinander vertauscht werden, da 7 dann die kathodenseitige Elektrode und 8 die anodenseitige Elektrode bedeuten. Bei den n-Emitter-Nebenschlüssen müssen die Ansätze 11a und gegebenenfalls 11b mit einem Dotierstoff versehen sein, dessen niedrigstes Akzeptorniveau auf einem Energieniveau 18 und dessen höchstes Donatorniveau auf einem Energieniveau 17 liegen. Der Energiedifferenzbetrag D 1 muß hierbei größer sein als der Abstand D 2 des Energieniveaus 18 von der Oberkante des Valenzbandes VB, um in diesem Fall die p-Leitfähigkeit des heißleitenden Materials zu gewährleisten. Der Energiedifferenzbetrag D 2 ist dabei größer als der entsprechende Energiedifferenzbetrag zwischen der Oberkante des Valenzbandes und dem niedrigsten Akzeptorniveau bei dem in die p-Basis eingebracht und deren Leitfähigkeit bestimmenden Dotierstoff.

Patentansprüche

1. Thyristor mit einer Folge von Halbleiterschichten alternierender Leitungstypen, die einen in einer ersten Hauptfläche (9) von einer kathodenseitigen Elektrode (5, 6) kontaktierten n-Emitter (1a, 1b), eine p-Basis (2), eine n-Basis (3) und einen in einer zweiten Hauptfläche (12) von einer anodenseitigen Elektrode (7) kontaktierten p-Emitter (4) darstellen, bei dem einer der Emitter (4) mit Ausnehmungen (10) versehen ist, die von Ansätzen (11, 11a) der angrenzenden Basis (3) ausgefüllt sind, welche ge-

meinsam mit diesem Emitter (4) von einer der Elektroden (7) kontaktiert werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansätze (11, 11a) der Basis (3) jeweils wenigstens teilweise (11a) aus einem dotierten, heißleitenden Halbleitermaterial bestehen, dessen Leitungstyp dieser Basis (3) entspricht.

2. Thyristor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das heißleitende Halbleitermaterial n-leitend ist und einen die Heißeitung bestimmenden Dotierstoff enthält, dessen höchstes Donatorniveau auf einem Energieniveau (17) liegt, das um einen ersten Differenzbetrag (D1) unterhalb des Leitungsbandes (LB) liegt, daß der erste Differenzbetrag (D 1) größer ist als der entsprechende Differenzbetrag bei dem die Leitfähigkeit der n-Basis (3) bestimmenden, in diese eingebrachten Dotierstoff und daß das in dem die Heißeitung bestimmenden Dotierstoff unter Umständen vorhandene Akzeptorniveau auf einem Energieniveau (18) liegt, das um einen zweiten Differenzbetrag (D 2) oberhalb des Valenzbandes (VB) liegt, wobei der zweite Differenzbetrag (D 2) größer ist als der erste (D1).

3. Thyristor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das heißleitende Halbleitermaterial p-leitend ist und einen die Heißeitung bestimmenden Dotierstoff enthält, dessen niedrigstes Akzeptorniveau auf einem Energieniveau liegt, welches um einen dritten Differenzbetrag oberhalb des Valenzbandes liegt, daß der dritte Differenzbetrag größer ist als der entsprechende Differenzbetrag bei dem die Leitfähigkeit der p-Basis bestimmenden, in diese eingebrachten Dotierstoff und daß das in dem die Heißeitung bestimmenden Dotierstoff unter Umständen vorhandene höchste Donatorniveau auf einem Energieniveau liegt, das um einen vierten Differenzbetrag unterhalb des Leitungsbandes liegt, wobei der vierte Differenzbetrag größer ist als der dritte.

4. Thyristor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein aus heißleitendem Halbleitermaterial bestehender Teil (11a) eines Ansatzes (11, 11a) der Basis (3) so angeordnet ist, daß er eine Ausnehmung (13) der Elektrode (7), die den an diese Basis (3) angrenzenden Emitter (4) kontaktiert, ausfüllt und die Elektrode (7) im Bereich der Bodenfläche (13a) dieser Ausnehmung (13) kontaktiert.

5. Thyristor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der aus heißleitendem Halbleitermaterial bestehende Teil (11a) des Ansatzes (11, 11a) der Basis (3) eine abschließende Zone (11b) aufweist, die einen höheren Dotierungsgrad hat als der übrige Teil des Ansatzes (11, 11a), und daß diese Zone (11b) die Elektrode (7) im Bereich der Bodenfläche (13a) ihrer Ausnehmung (13) kontaktiert.

6. Thyristor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der aus heißleitendem Halbleitermaterial bestehende Teil (11a) des Ansatzes (11, 11a) der Basis (3) durch eine elektrisch isolierende Schicht (14) von der Elektrode (7) getrennt ist, wobei diese Schicht (14) im Bereich der Bodenfläche (13a) der Ausnehmung (13) entfällt.

7. Thyristor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das heißleitende Halbleitermaterial aus Silizium besteht und daß der die Heißeitung bestimmende Dotierstoff eine n-Leitfähigkeit bestimmt und einer Gruppe

von Dotierstoffen angehört, zu der Molybdän, Germanium, Cäsium, Barium, Selen und Niob gehören.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

FIG 1

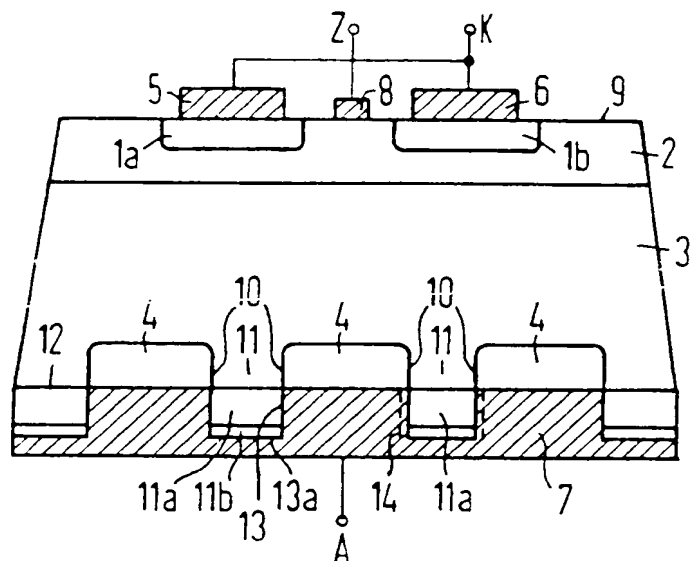


FIG 2

